



Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа Инженерная школа новых производственных технологий
Направление подготовки 12.03.02 Оптотехника
Отделение школы (НОЦ) Отделение материаловедения

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА БАКАЛАВРА

Тема работы
Разработка лазерной учебно – исследовательской установки

УДК 621.373.826:378.147.88

Обучающийся

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4В91	Яковлев Роман Николаевич		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОМ ИШНПТ	Зыков И.Ю.	к.ф.-м.н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Маланина В.А.	к.э.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Черемискина М.С			

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП/ОПОП, должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Руководитель ООП, Доцент ОМ ИШНПТ	Степанов С.А	к.ф.-м.н.		

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОСВОЕНИЯ ООП

Код	Результат освоения ООП
Универсальные компетенции	
УК(У)-1	Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач
УК(У)-2	Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений
УК(У)-3	Способен осуществлять социальное взаимодействие и реализовывать свою роль в команде
УК(У)-4	Способен осуществлять деловую коммуникацию в устной и письменной формах на государственном языке Российской Федерации и иностранном(-ых) языке(-ах)
УК(У)-5	Способен воспринимать межкультурное разнообразие общества в социально-историческом, этическом и философском контекстах
УК(У)-6	Способен управлять своим временем, выстраивать и реализовывать траекторию саморазвития на основе принципов образования в течение всей жизни
УК(У)-7	Способен поддерживать должный уровень физической подготовленности для обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности
УК(У)-8	Способен создавать и поддерживать безопасные условия жизнедеятельности, в том числе при возникновении чрезвычайных ситуаций
УК(У)-9	Способен проявлять предприимчивость в практической деятельности, в т.ч. в рамках разработки коммерчески перспективного продукта на основе научно-технической идеи
Общепрофессиональные компетенции	
ОПК(У)-1	Способен применять естественнонаучные и общепрофессиональные знания, методы математического анализа и моделирования в инженерной деятельности, связанной с проектированием и конструированием, технологиями производства оптоэлектроники, оптических и оптико-электронных приборов и комплексов
ОПК(У)-2	Способен осуществлять профессиональную деятельность с учетом экономических, экологических, интеллектуально-правовых, социальных и других ограничений на всех этапах жизненного цикла технических объектов и процессов
ОПК(У)-3	Способен проводить экспериментальные исследования и измерения, обрабатывать и представлять полученные данные с учетом специфики оптических измерений
ОПК(У)-4	Способен использовать современные информационные технологии и программное обеспечение при решении задач профессиональной деятельности, соблюдая требования информационной безопасности
ОПК(У)-5	Способен участвовать в разработке текстовой, проектной и конструкторской документации в соответствии с нормативными требованиями
Профессиональные компетенции	
ПК(У)-1	Способность к формированию технических требований и заданий на проектирование и конструирование оптических и оптико-электронных приборов, комплексов и их составных частей
ПК(У)-2	Способность к математическому моделированию процессов и объектов оптоэлектроники и их исследованию на базе профессиональных пакетов

	автоматизированного проектирования и самостоятельно разработанных программных продуктов
ПК(У)-3	Способность к анализу, расчету, проектированию и конструированию в соответствии с техническим заданием типовых систем, приборов, деталей и узлов оптоэлектроники на схемотехническом и элементном уровнях, в том числе с использованием систем автоматизированного проектирования
ПК(У)-4	Способность к разработке технологических процессов и технической документации на изготовление, сборку, юстировку и контроль механических, оптических, оптико-электронных блоков, узлов и деталей
ПК(У)-5	Способность к внедрению технологических процессов производства, метрологического обеспечения и контроля качества изделий оптических, оптико-электронных систем, приборов, деталей, элементов и оптических покрытий различного назначения
ПК(У)-6	Способность к проектированию оснастки и специального инструмента, предусмотренных технологией изготовления оптических и оптико-электронных приборов, комплексов и их составных частей
ПК(У)-7	Способность к организации контроля качества выпускаемой оптической продукции

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Школа Инженерная школа новых производственных технологий
Направление подготовки 12.03.02 «Опtotехника»
Уровень образования бакалавриат
Отделение школы (НОЦ) Отделение материаловедения

УТВЕРЖДАЮ:
Руководитель ООП

С.А. Степанов
(Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

**ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

бакалаврской работы

(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
4В91	Яковлев Роман Николаевич

Тема работы:

Разработка лазерной учебно – исследовательской установки	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	

Срок сдачи студентом выполненной работы:	09.06.2023
--	------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p>Исходные данные к работе</p> <p><i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i></p>	<ol style="list-style-type: none">1. Действующий макет излучателя задающего лазера2. Список лабораторных работ подлежащих реализации на данной установке3. Планируемая схема установки
---	--

<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</p> <p><i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Изучение построения оптических и электрических схем лазерных установок, выполненных по схеме задающий лазер + усилительные каскады 2. Разработка схемы и конструкции блока питания 3. Разработка конструкции усилительного каскада (каскадов) 4. Исследование характеристик получившегося макета
<p>Перечень графического материала</p> <p><i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Электрическая схема установки 2. Оптическая схема установки 3. Основные характеристики установки 4. Конструкция квантрона К107
<p>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</p> <p><i>(с указанием разделов)</i></p>	
<p>Раздел</p>	<p>Консультант</p>
<p>Финансовый менеджмент</p>	<p>Доцент ОСГН ШБИП Маланина В.А.</p>
<p>Социальная ответственность</p>	<p>Старший преподаватель ООД ШБИП Черемискина М.С.</p>
<p>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</p>	
<p>Перевод осуществляться не будет</p>	

<p>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</p>	<p>03.10.2022 г.</p>
--	----------------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОМ	Зыков И.Ю.	к.ф. -м.н., доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4В91	Яковлев Роман Николаевич		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

Группа		ФИО	
4В91		Яковлев Роман Николаевич	
Школа	Инженерная школа новых производственных технологий	Отделение (НОЦ)	Отделение материаловедения
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	12.03.02 Опотехника

Тема ВКР:

Разработка лазерной учебно – исследовательской установки

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

Введение

- Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика) и области его применения.
- Описание рабочей зоны (рабочего места) при разработке проектного решения

***Объект исследования:** учебная лазерная установка*
***Область применения:** лабораторный практикум и проведения серии постановочных экспериментов при различных параметрах.*
Рабочая зона: лаборатория
Размеры помещения: 16 м²
Количество и наименование оборудования рабочей зоны: оптическая рельса в количестве одной штуки, осциллограф цифровой в количестве одной штуки, измеритель энергии ФЭУ в количестве одной штуки
Рабочие процессы, связанные с объектом исследования, осуществляющиеся в рабочей зоне: построение оптических и электрических схем лазерной установки, разработка схемы и конструкции блока питания, разработка конструкции усилительного каскада, исследование характеристик макета

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

- 1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности при разработке проектного решения** специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.

- Федеральный закон №426-ФЗ от 28 декабря 2013 года «О специальной оценке условий труда»
- "Трудовой кодекс Российской Федерации" от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 22.11.2021)
- ГОСТ 12.2.033-78 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Рабочее место при выполнении работ стоя. Общие эргономические требования

- 2. Производственная безопасность при разработке проектного решения/при эксплуатации:**
- Анализ выявленных вредных и опасных производственных факторов

- Вредные производственные факторы:**
1. Недостаточная освещенность рабочей зоны
 2. Отклонение показателей микроклимата
 3. Повышенный уровень электромагнитных излучений
- Опасные производственные факторы:**
1. Излучение лазера
 2. Электрический ток
 3. Риск пожара и взрыва
 4. Риск механических травм
- Требуемые средства коллективной и индивидуальной защиты от выявленных факторов:**
1. Соблюдение микроклимата в рабочем помещении
 2. Соблюдение мер пожарной безопасности
 3. Обязательное ношение СИЗ (очки от лазерного излучения, перчатки, халат)
 4. Устройства локализации вредных факторов

3. Экологическая безопасность при разработке проектного решения/при эксплуатации	<i>Воздействие на селитебную зону - отсутствует Воздействие на литосферу – бытовой мусор и расходные материалы Воздействие на гидросферу – увеличение потока городских сточных вод, загрязнение химически активными веществами Воздействие на атмосферу – загрязнение химически активными веществами</i>
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях при разработке проектного решения/при эксплуатации	Возможные ЧС: пожар, взрыв при несоблюдении ТБ при работе с конденсаторами Наиболее типичная ЧС: пожар, поражение электрическим током
Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Черемискина М.С.	-		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4В91	Яковлев Роман Николаевич		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

Группа	ФИО
4В91	Яковлев Роман Николаевич

Школа	ИШПНТ	Отделение школы (НОЦ)	Отделение материаловедения
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	12.03.02 Опотехника

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	Стоимость материальных ресурсов и специального оборудования определены в соответствии с рыночными ценами г. Томска Тарифные ставки исполнителей определены штатным расписанием НИ ТПУ
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	Норма амортизационных отчислений на специальное оборудование
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	Отчисления во внебюджетные фонды 30%

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. <i>Оценка коммерческого потенциала инженерных решений (ИР)</i>	Расчет конкурентоспособности SWOT-анализ
2. <i>Формирование плана и графика разработки и внедрения ИР</i>	Структура работ. Определение трудоемкости. Разработка графика проведения исследования
3. <i>Составление бюджета инженерного проекта (ИП)</i>	Расчет бюджетной стоимости НИ
4. <i>Оценка ресурсной, финансовой, социальной, бюджетной эффективности ИР и потенциальных рисков</i>	Оценка ресурсоэффективности разработки проекта.

Перечень графического материала

1.. Оценка конкурентоспособности технических решений 2.. Матрица SWOT 3.. Временные показатели проведения научного исследования 4.. График проведения и бюджет НИ 5. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИ
--

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
---	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Маланина В.А.			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4В91	Яковлев роман Николаевич		

Реферат

Выпускная квалификационная работа 69 с., 14 рис., 26 табл., 28 источников.

Ключевые слова: блок питания, лазер, лабораторная установка, учебная установка, лазерная установка.

Объектом исследования является учебная лазерная установка.

Цель работы - разработать и сконструировать блок питания квантрона К – 107 лазера, позволяющую реализовать широкий спектр лабораторных работ.

В процессе исследования проводились сбор, обработка и анализ литературных данных лабораторных работ и их основных аспектах, разработка схемы блока питания, разработка и конструирование первоначального макета установки и определение ее выходных характеристик.

Степень внедрения: результаты выполненной работы могут использоваться для дальнейшей разработки лазерной учебно – исследовательской установки.

Область применения: производство лазерной учебно – исследовательской установки.

В дальнейшем планируется доработка получившегося макета установки, а именно введение установки в режим модулированной добротности, а также введение установки в усилительный каскад.

Оглавление

Введение	12
1. Обзор литературы.....	14
1.1 Твердотельные лазеры, принцип работы, классификация и применение.....	14
1.2 Основные принципы работы твердотельных лазеров.....	14
1.3 Классификация твердотельных лазеров	14
1.4 Применение твердотельных лазеров:	15
1.5 Лабораторный практикум как часть системы подготовки инженера.....	16
1.5.1 Основы квантовой электроники	17
1.5.2 Лазерная техника	18
1.5.2 Взаимодействие лазерного излучения с веществом	19
2. Объект и методы исследования	21
3. Результаты проектирования	22
3.1 Определение основных узлов блока питания	22
3.2 Разработка и конструирование первоначального макета блока питания лазерной установки.....	24
3.3 Параметры блока питания.....	29
4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.....	31
4.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	31
4.1.1 Анализ конкурентных технических решений	31
4.1.2 SWOT – анализ.....	33
4.2 Планирование научно – исследовательских работ.....	36
4.2.1 Структура работ в рамках научного исследования	36
4.2.2 Определение трудоёмкости выполнения работ и разработка графика проведения.....	37
4.2.3 Бюджет научно – технического исследования.....	42
4.2.3.1 Расчёт материальных затрат научно – технического исследования.....	43
4.2.3.2 Специальное оборудование для экспериментальных работ.....	44
4.2.3.3 Расчёт амортизации специального оборудования	44
4.2.3.4 Основная заработная плата исполнителей	45
4.2.3.5 Дополнительная заработная плата	47
4.2.3.6 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления).....	47
4.2.3.7 Накладные расходы	47
4.3 Определение ресурсоэффективности исследования	48
5. Социальная ответственность.....	51
5.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	51
5.2 Производственная безопасность	54

5.3 Анализ вредных и опасных факторов	55
5.3.1 Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может пойти через тело человека	55
5.3.2 Лазерное излучение	56
5.3.3 Инфракрасное излучение	57
5.3.4 Отклонение показателей микроклимата в закрытом помещении.....	57
5.3.5 Нервно – психические перегрузки	58
5.4 Экологическая безопасность	59
5.5 безопасность в чрезвычайных ситуациях	61
Заключение	63
Список использованных источников	66

Введение

Введение в лазерные технологии и их применение становится все более актуальным в современном обществе. Лазеры используются в широком спектре областей, включая медицину, науку, промышленность и коммуникации. Развитие и изучение лазерных технологий являются важной составляющей современного инженерного образования, а также способствуют научным исследованиям в этой области.

Целью данной дипломной работы является разработка блока питания для лазерной учебно-исследовательской установки, которая предназначена для обучения студентов и проведения научных исследований в области лазерных технологий. Основными задачами работы являются разработка, конструирование блок питания для готовой оптической части, разработанной в рамках работы Логачева Г.И.

Данная работа посвящена разработке и реализации блока питания, который обеспечивает стабильное электропитание для лазера. Блок питания выполняет не только функцию преобразования электрической энергии в оптическую, но и обеспечивает контроль и регулировку параметров питания лазера, таких как напряжение, ток и частота. Эффективная работа лазерной установки напрямую зависит от качества и надежности блока питания. Особым вниманием уделено наглядности конструкции блока питания, поскольку установка для которой он разрабатывается является учебной.

Данный блок предназначен для питания задающего лазера, также возможно его расширение для питания предполагаемой системы усилителей. Подавляющее большинство современных твердотельных лазеров работает в режиме дежурной дуги, принцип работы такого блока намного сложнее, а современные монтажные схемы в виду своей компактности, и высокой плотности монтажа не обладают достаточным уровнем наглядности, которое обладает учебное пособие.

Таким образом на основе всего вышеперечисленного была сформулирована цель работы – разработать и спроектировать лазерную учебно – исследовательскую установку, которая будет позволять реализовывать широкий спектр лабораторных работ.

Для достижения этой цели были поставлены следующие задачи:

- Провести литературный обзор по лазерным лабораторным установкам, блокам питания и реализуемым на них лабораторным работам;
- Определение основных узлов лазерной установки;
- Разработка и конструирование блока питания лазера;
- Определение выходных характеристик получившегося макета;

1. Обзор литературы

1.1 Твердотельные лазеры, принцип работы, классификация и применение

Твердотельные лазеры являются одним из наиболее распространенных типов лазеров, используемых в научных, промышленных и медицинских сферах. Твердотельные лазеры используют твердые кристаллы, которые могут быть активными средами для генерации лазерного излучения. В этом обзоре будут рассмотрены основные принципы работы твердотельных лазеров, классификацию их по используемым активным средам, а также их основные применения.

1.2 Основные принципы работы твердотельных лазеров

Принцип работы твердотельных лазеров основывается на использовании активной среды, которая может усиливать световые волны, проходящие через нее. Твердотельные лазеры используют кристаллы, которые имеют способность усиливать световые волны путем стимулированной эмиссии излучения.

В кристаллах твердотельных лазеров, взаимодействие световых волн с электронами в кристаллической решетке вызывает переход электронов на более высокий энергетический уровень. Когда электроны возвращаются на свой первоначальный уровень, они испускают энергию в виде световых волн, которые усиливаются в резонаторе лазера.

1.3 Классификация твердотельных лазеров

Твердотельные лазеры можно классифицировать по используемым активным средам. Существует несколько типов твердотельных лазеров, каждый из которых имеет свои уникальные характеристики и применения.

– Лазеры на основе неодимовых кристаллов (Nd:YAG) — это наиболее распространенные твердотельные лазеры, использующие неодимовые кристаллы в качестве активной среды. Эти лазеры имеют высокую мощность и долговечность, и широко применяются в научных и промышленных приложениях;

– Лазеры на основе иттриевых кристаллов (YAG) - эти лазеры используют иттриевые кристаллы в качестве активной среды. Они обладают высокой эффективностью преобразования энергии в лазерное излучение и широко используются в медицинских приложениях, включая лечение катаракты и удаление татуировок;

– Лазеры на основе рубиновых кристаллов - рубиновые лазеры используют рубиновый кристалл в качестве активной среды. Они имеют высокую мощность и применяются в научных и промышленных приложениях, включая исследование свойств материалов и обработку материалов;

– Лазеры на основе гранатовых кристаллов - гранатовые лазеры используют гранатовые кристаллы в качестве активной среды. Они имеют хорошую долговечность и могут генерировать лазерное излучение на длинах волн, которые не могут быть получены с использованием других типов твердотельных лазеров;

– Лазеры на основе хромовых кристаллов - хромовые лазеры используют хромовый кристалл в качестве активной среды. Они обладают высокой эффективностью преобразования энергии и могут генерировать лазерное излучение на длинах волн, которые не могут быть получены с использованием других типов твердотельных лазеров;

1.4 Применение твердотельных лазеров:

Твердотельные лазеры используются в различных приложениях, включая научные исследования, промышленную обработку материалов, медицинские процедуры и военную технику;

- В научных исследованиях твердотельные лазеры используются для исследования свойств материалов, обработки поверхностей, создания микросхем и проведения опытов в физике;
- В промышленной обработке материалов твердотельные лазеры используются для резки, сварки и маркировки различных материалов, включая металлы, пластмассы и керамику;
- В медицине твердотельные лазеры используются для лечения катаракты, удаления татуировок, лечения глубоких рубцов и других кожных проблем;
- Военные твердотельные лазеры используются для различных целей, включая разведку, оптическую связь, направление огня и противодействие вражеским беспилотникам;

1.5 Лабораторный практикум как часть системы подготовки инженера

Лабораторный практикум является неотъемлемой и важной частью учебного процесса, предоставляя студентам возможность непосредственного взаимодействия с техникой, оборудованием и приборами. Цели проведения лабораторных работ включают закрепление и углубление теоретических знаний, знакомство с реальным оборудованием, освоение теории планирования эксперимента, развитие навыков проведения и обработки экспериментальных данных, анализ результатов и формулирование выводов, а также овладение правилами безопасной эксплуатации оборудования.

Важным фактором успеха лабораторных работ являются технические средства обучения, которые влияют на наглядность эксперимента, активную участие студентов в его настройке и реализации, а также на надежность и устойчивость установки при использовании. Лабораторные установки должны обеспечивать удобство работы, возможность настройки отдельных элементов, надежную работу, визуализацию выходных данных и соблюдение правил безопасности.

Таким образом, успех лабораторных работ во многом зависит от качества и функциональности технических средств обучения, которые обеспечивают эффективное и интерактивное взаимодействие студентов с лабораторными установками. В рамках данного исследования будет произведен выбор трех дисциплин, связанных с работой с лазерным излучением. В дальнейшем будет осуществлен анализ основных требований, предъявляемых к лабораторному пространству, в котором возможно проведение экспериментов и работы по указанным дисциплинам.

1.5.1 Основы квантовой электроники

Квантовая электроника представляет собой физическую область, изучающую методы усиления и генерации электромагнитных колебаний на основе эффекта вынужденного излучения и свойств квантовых усилителей и генераторов. Применение квантовых генераторов света, таких как лазеры, обусловлено их способностью излучать световые волны с высокой направленностью и монохроматичностью, что делает их практически значимыми по сравнению с другими источниками света. Квантовые генераторы радиоволн отличаются высокой стабильностью частоты генерируемых колебаний, в то время как квантовые усилители радиоволн характеризуются низким уровнем шума.

Свет и радиоволны представляют собой вид электромагнитного излучения, где энергия передается в виде квантов или фотонов. Кванты могут быть испущены атомами, молекулами и другими квантовыми системами, которые обладают избыточной внутренней энергией, известными как возбужденные частицы. Внутренняя энергия атома или молекулы может принимать только строго определенные дискретные значения, которые называются уровнями энергии. Когда внутренняя энергия уменьшается, это означает переход атома с более высокого энергетического уровня на более низкий.

В рамках данной дисциплины лабораторное пространство должно предоставить оборудование, решающее следующие задачи:

- Изучение одномодового и многомодового режима работы лазера;
- Изучение кинетики лазерного излучения в режиме свободной генерации;
- Измерение энергии лазерного излучения, определение порога генерации;
- Изучение кинетики лазерного излучения в режиме модулированной добротности резонатора;
- Генерация второй гармоники лазерного излучения

1.5.2 Лазерная техника

В данном курсе основное внимание уделяется изучению основ лазерной техники и технологии, включая принципы работы и построения лазерных технологических установок и комплексов. Рассматриваются основные области применения лазерных установок в различных сферах, таких как промышленная обработка материалов, энергетика, связь, медицина, информационно-вычислительная техника и другие. Особое внимание уделяется анализу применения мощных лазеров в обработке материалов.

Применение лазеров в различных технологических процессах обусловлено их уникальными свойствами, включая высокую когерентность, монохроматичность, интенсивность излучения и малую расходимость лазерного пучка. Эти свойства делают лазеры практически универсальным инструментом, применимым во множестве областей деятельности человека.

В рамках данной дисциплины лабораторное пространство должно предоставить оборудование, решающее следующие задачи:

- Формирование зоны лазерного воздействия;
- Определение КПД лазера, а также влияние уровня накачки на КПД;

- Изучение кинетики разряда при различных параметрах разрядного контура;
- Связь кинетики лазерного импульса и кинетики разряда;
- Изучение влияния параметров разрядного контура на КПД лазера;

1.5.2 Взаимодействие лазерного излучения с веществом

Ионизирующее излучение — это тип излучения, которое вызывает образование ионов вещества при взаимодействии с ним. Оно не включает в себя видимый свет и ультрафиолетовое излучение. Существуют два типа ионизирующего излучения: непосредственное и косвенное. Непосредственное ионизирующее излучение представляет собой поток заряженных частиц, которые имеют достаточную кинетическую энергию для ионизации при столкновении с атомами вещества. Косвенное ионизирующее излучение состоит из незаряженных частиц, таких как нейтроны и фотоны, которые могут создавать непосредственное ионизирующее излучение или вызывать ядерные превращения при взаимодействии с материей.

Корпускулярное и фотонное излучение относятся к ионизирующему излучению. К фотонному ионизирующему излучению относятся гамма-излучение и рентгеновское излучение. Энергией ионизирующего излучения называется суммарная энергия ионизирующих частиц, испущенная, переданная или поглощенная. Единицей измерения энергии ионизирующего излучения является джоуль (Дж). Также рекомендуется использовать внесистемную единицу электрон-вольт и ее десятичные кратные для измерения энергии отдельных ионизирующих частиц.

Корпускулярное и фотонное излучение, исходящие от атомных ядер, могут быть обнаружены только при взаимодействии с веществом. Однако, обнаружение такого излучения, например, излучения нейтрино, является чрезвычайно сложной задачей, если взаимодействие незначительно.

В рамках данной дисциплины лабораторное пространство должно предоставить оборудование, решающее следующие задачи:

- Изучение параметров лазерного воздействия на цель;
- Изучение оптического пробоя;
- Изучение поглощения лазерного излучения в плазме пробоя;
- Наблюдение пробоя на поверхности материала;
- Генерация ударных и акустических волн в твердых мишенях;
- Наблюдение разлета металла при образовании залупляющегося источника теплоты;

2. Объект и методы исследования

Исходные материалы: имеющиеся в лаборатории лазерные и строительные компоненты, а также лабораторный практикум

Объектом исследования является лазерная установка, а конкретно его блок питания. Необходимо разработать блок питания, а именно: электрическую схему, определить основные элементы, спроектировать и реализовать работоспособный макет и получить его выходные характеристики.

При разработке и конструировании используется техническое и инструментальное оснащение лазерной лаборатории

4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Введение

Основная задача данного раздела заключается в оценке потенциала развития и планировании финансовой и коммерческой ценности исследования, представленного в рамках выпускной квалификационной работы.

Для достижения поставленной цели требуется исследовать следующие задачи:

- Оценка коммерческого потенциала разработки;
- Планирование научно – исследовательской работы;
- Расчёт бюджета научно – исследовательской работы;
- Определение финансовой, ресурсной и бюджетной эффективности исследования.

Цель ВКР – разработка лазерной учебно – исследовательской установки

4.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

4.1.1 Анализ конкурентных технических решений

Исследование конкурентных технических решений с точки зрения эффективного использования ресурсов и экономии ресурсов позволяет оценить относительную эффективность разработки и определить будущие направления для ее улучшения. В качестве сравниваемых объектов были рассмотрены различные лазерные установки:

- Текущий проект лазерной установки
- Лазерная установка «Standa»

– Лазерная установка «LFEX»

Необходимо провести подробный анализ различных вариантов конструктивного исполнения, поскольку каждый из них обладает своими преимуществами и недостатками. Для этого используется оценочная карта, представленная в таблице 4.1, которая позволяет оценить технические характеристики и экономические показатели каждого варианта на пятибалльной шкале. В этой шкале оценка "1" соответствует самой низкой оценке, а "5" - наиболее высокой. Суммарный вес всех показателей должен составлять 1.

Таблица 4.1 – Сравнение конкурентных технических решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Вар.1	Вар.2	Вар.3	Вар.1	Вар.2	Вар.3
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Удобство монтажа	0,1	4	4	3	0,4	0,4	0,3
2. Удобство в эксплуатации	0,05	4	5	3	0,15	0,1	0,2
3. Уровень защищённости	0,1	3	2	4	0,3	0,5	0,2
4. Надежность	0,14	4	3	3	0,56	0,42	0,42
5. Простота конструкции и ремонтпригодность	0,1	3	5	4	0,3	0,5	0,4
6. Световой поток	0,15	5	3	3	0,6	0,36	0,48
7. Безопасность	0,12	3	4	4	0,45	0,5	0,5
Экономические критерии оценки эффективности							
1. Цена сырья	0,11	5	4	4	0,65	0,52	0,52
2. Предполагаемый срок эксплуатации	0,06	5	4	4	0,35	0,28	0,35
3. Затраты на ремонт	0,07	3	3	4	0,18	0,3	0,24
Итого	1	39	37	36	3,94	3,88	3,61

Расчет конкурентоспособности, на примере стабильности срабатывания, определяется по формуле:

$$K = \sum B_i \cdot B_i \quad (4.1)$$

где K – конкурентоспособность проекта;

B_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – балл показателя.

Согласно проведенному анализу конкурентных технических решений, устройство №1 выявлено как наиболее подходящий вариант, обладающий наибольшей выгодой и эффективностью.

4.1.2 SWOT – анализ

В первую очередь нужно описать сильные и слабые стороны проекта, для выявления возможностей и угроз для реализации проекта, которые появились или могут появиться в его внешней среде (таблица 4.2).

Таблица 4.2 – SWOT матрица

Сильные стороны	Слабые стороны
С1. Высокая конкурентоспособность С2. Высокий уровень входа на рынок С3. Наличие опытного научного руководителя С4. Актуальность проводимого исследования	Сл1. Отсутствие целевого финансирования. Сл2. Отсутствие технической базы. Сл3. «Старение кадров», уход квалифицированных специалистов. Сл4. Ограниченность исходных данных.
Возможности	Угрозы
В1. Использование инновационной инфраструктуры ТПУ. В2. Повышение конкурентных разработок. В3. Большой потенциал применения разработки. В4. Создание партнерских отношений с другими научными учреждениями.	У1. Отсутствие заинтересованных инвесторов проекта. У2. Малый рынок сбыта. У3. Отсутствие спроса. У4. Введение ограничений со стороны государства.

На втором этапе осуществляется анализ соответствия научно-исследовательского проекта внешним условиям окружающей среды, выявляются его сильные и слабые стороны. Это анализ позволяет определить, требуются ли стратегические изменения. В таблице 4.3 представлена интерактивная матрица проекта, которая отображает данное соответствие или несоответствие.

Таблица 4.3 – Интерактивная матрица проекта соотношения сильных сторон к возможностям проекта

	C1	C2	C3	C4
B1	-	+	+	+
B2	+	-	-	-
B3	-	+	+	+
B4	+	-	+	-

Таблица 4.4 – Интерактивная матрица проекта соотношение слабых сторон к возможностям проекта

	Сл1	Сл2	Сл3	Сл4
B1	-	+	-	-
B2	-	-	-	-
B3	-	-	-	-
B4	-	-	-	-

Таблица 4.5 – Интерактивная матрица проекта соотношения сильных сторон к угрозам проекта

	C1	C2	C3	C4
У1	+	-	-	-
У2	-	-	-	-
У3	-	-	-	-
У4	-	-	-	-

Таблица 4.6 – Интерактивная матрица проекта соотношения слабых сторон к угрозам проекта

	Сл1	Сл2	Сл3	Сл4
У1	+	-	-	-
У2	-	-	+	-
У3	-	+	-	-
У4	-	+	-	-

После того, как были сформулированы четыре области SWOT, переходим к реализации второго этапа. На этом этапе требуется создать интерактивную матрицу проекта, которая позволяет изучить различные комбинации взаимосвязей между областями SWOT (таблица 4.7)

Таблица 4.7 – Матрица SWOT

	<p>Сильные стороны: С1. Высокая конкурентоспособность. С2. Высокий уровень входа на рынок. С3. Наличие опытного научного руководителя С4. Актуальность проводимого исследования</p>	<p>Слабые стороны: Сл1. Отсутствие целевого финансирования; Сл2. Отсутствие технической базы Сл3. «Старение кадров», уход квалифицированных специалистов. Сл4. Ограниченность исходных данных.</p>
<p>Возможности: В1. Использование инновационной инфраструктуры ТПУ. В2.Повышение конкурентных разработок. В3.Большой потенциал применения разработки. В4. Создание партнерских отношении с другими научными учреждениями</p>	<p>Поддержка НИ ТПУ поможет в продвижении данного разработки и ускорит темпы проведения исследования</p>	<p>Поиск научных грантов. Разработка технической базы. Передача разработки по программам аутсорсинга.</p>
<p>Угрозы: У1. Отсутствие заинтересованных инвесторов проекта У2. Малый рынок сбыта У3. Отсутствие спроса У4. Введение ограничений со стороны государства</p>	<p>Поиск инвестиции. Создание искусственного спроса. Демонстрация проекта на практике.</p>	<p>Выход из строя элементов оборудования, нехваткой финансирования.</p>

Результаты SWOT-анализа учитываются при разработке структуры работ, выполняемых в рамках научно-исследовательского проекта.

4.2 Планирование научно – исследовательских работ

4.2.1 Структура работ в рамках научного исследования

Планирование комплекса научно-исследовательских работ осуществляется в порядке:

- определение структуры работ в рамках научного исследования;
- определение количества исполнителей для каждой из работ;
- установление продолжительности работ;
- построение графика проведения научных исследований.

Для оптимизации работ удобно использовать классический метод линейного планирования и управления.

Результатом такого планирования является составление линейного графика выполнения всех работ. Порядок этапов работ и распределение исполнителей для данной научно-исследовательской работы, приведен в таблице 4.8.

Таблица 4.8 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб.	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Научный руководитель Инженер
Выбор направления исследования	2	Изучение литературы по соответствующей тематике	Инженер
	3	Изучение особенностей проектирования	Инженер
	4	Календарное планирование работ	Научный руководитель Инженер
Теоретические и экспериментальные исследования	5	Изучение методики проведения энергоаудита	Инженер
	6	Уточнение комплекса работ для разработки осветительной установки	Научный руководитель Инженер
	7	Компьютерное моделирование установки	Инженер
	8	Разработка лазерной установки	Инженер
Обобщение и оценка результатов	9	Экономическая оценка разработанного продукта	Научный руководитель Инженер
	10	Оценка эффективности полученных результатов	Научный руководитель Инженер
Оформление отчета по НИК (комплекта документации по ОКР)	11	Составление пояснительной записки	Инженер

4.2.2 Определение трудоёмкости выполнения работ и разработка графика проведения

Основная часть стоимости разработки проекта составляется из трудовых затрат, поэтому важно определить трудоемкость работ всех участников разработки проекта. Несмотря на то, что трудоемкость зависит от трудно учитываемых параметров, т.е. носит вероятностный характер, ее можно определить экспертным путем, в «человеко-днях». Ожидаемое (среднее) значение трудоемкости $t_{ожі}$ определяется по формуле:

$$t_{ожі} = \frac{3t_{mini} + 2t_{maxi}}{5} \quad (4.2)$$

где $t_{ожі}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения i -ой работы, человеко-дни;

$t_{min i}$ – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы, человеко-дни;

$t_{max i}$ – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы, человеко-дни.

Зная величину ожидаемой трудоемкости, можно определить продолжительность каждой i -ой работы в рабочих днях T_{pi} , при этом учитывается параллельность выполнения работ разными исполнителями. Данный расчёт позволяет определить величину заработной платы.

$$T_{pi} = \frac{t_{ожі}}{Ч_i}, \quad (4.3)$$

где T_{pi} – продолжительность одной работы, рабочие дни;

$t_{ожі}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, человеко-дни;

$Ч_i$ – численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел.

Для перевода длительности каждого этапа из рабочих в календарные дни, необходимо воспользоваться формулой (4.4):

$$T_{ki.инж} = T_{pi} \cdot k_{кал}, \quad (4.4)$$

где T_{ki} – продолжительность выполнения i -й работы в календарных днях;

T_{pi} – продолжительность выполнения i -й работы в рабочих днях;

$k_{кал}$ – календарный коэффициент.

Расчет трудоемкости и продолжительности работ, на примере задачи «Составление и утверждение технического задания»:

$$t_{ожі} = \frac{3 * 2 + 2 * 4}{5} = 2,8 \text{ чел. - дн}$$

$$t_{pi} = \frac{2.8}{1} = 2,8 \text{ раб. дн.}$$

Расчет календарного коэффициент для пятидневной рабочей недели (рабочая неделя инженера):

$$k_{\text{кал.инж}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}} = \frac{365}{365 - 104 - 14} = 1,48 \quad (4.5)$$

где $T_{\text{кал}}$ – общее количество календарных дней в году;

$T_{\text{вых}}$ – общее количество выходных дней в году;

$T_{\text{пр}}$ – общее количество праздничных дней в году.

Расчет календарной продолжительности выполнения работы, на примере задачи «Изучение литературы по соответствующей тематике».

$$T_{\text{ки.инж}} = T_{\text{pi}} k_{\text{кал}} = 11,6 \cdot 1,48 = 17,168 \approx 17 \text{ кал. дн.}$$

Расчет календарного коэффициента для шестидневной рабочей недели (для руководителя):

$$k_{\text{кал.инж}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}} = \frac{365}{365 - 66 - 14} = 1,28$$

Расчет календарной продолжительности выполнения работы, на примерезадачи «Составление и утверждение технического задания»:

$$T_{\text{ки.инж}} = T_{\text{pi}} \cdot k_{\text{кал}} = 2,4 \cdot 1,28 = 1,792 \approx 2 \text{ кал. дн.}$$

Расчеты временных показателей проведения научного исследования обобщены в таблице 4.9.

Таблица 4.9 - Временные показатели проектирования

Название работы	Трудоёмкость работ						Длительность работ в рабочих днях T_{pi}		Длительность работ в календарных днях T_{ki}	
	t_{min} , чел-дни		t_{max} , чел-дни		$t_{ож}$, чел-дни		Рук.	Инж.	Рук.	Инж.
	Рук.	Инж.	Рук.	Инж.	Рук.	Инж.				
Составление и утверждение технического задания	2	2	4	4	2,8	2,8	1,4	1,4	2	2
Изучение литературы по соответствующей тематике	-	10	-	14	-	11,6	-	11,6	-	17
Изучение особенностей проектирования	-	5	-	8	-	6,2	-	6,2	-	9
Календарное планирование работ	2	2	4	4	2,8	2,8	1,4	1,4	2	2
Изучение методики проведения энергоаудита	-	7	-	10	-	8,2	-	8,2	-	12
Уточнение комплекса работ для разработки лазерной установки	1	2	2	3	1,4	2,4	0,7	1,2	1	2
Компьютерное моделирование установки	-	4	-	6	-	4,8	-	4,8	-	7
Разработка лазерной установки	-	14	-	20	-	16,4	-	16,4	-	24
Экономическая оценка разработанного продукта	4	6	6	8	4,8	6,8	2,4	3,4	3	5
Оценка эффективности полученных результатов	2	2	4	4	2,8	2,8	1,4	1,4	2	2
Составление пояснительной записки (эксплуатационно-технической документации)	-	7	-	9	-	7,8	-	10,8	-	12

После расчета и сведения в таблицу временных показателей проектирования, на основе полученной таблицы строится диаграмма Ганта (табл. 4.10).

Таблица 4.10 – Диаграмма Ганта

Этапы	Вид работы	Исполнители	T_k	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь
1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель; инженер	2	1				
2	Изучение литературы по соответствующей тематике	Инженер	17	17				
3	Изучение особенностей проектирования	Инженер	9		9			
4	Календарное планирование работ	Руководитель; инженер	2		2			
5	Изучение методики проведения энергоаудита	Инженер	12		12			
6	Уточнение комплекса работ для разработки лазерной установки	Руководитель; инженер	2			2		
7	Компьютерное моделирование установки	Инженер	7			7		
8	Разработка лазерной установки	Инженер	24			24		
9	Экономическая оценка разработанного продукта	Руководитель; инженер	5				5	
10	Оценка эффективности полученных результатов	Руководитель; инженер	2				2	

Продолжение таблицы 4.10

11	Составление пояснительной записки (эксплуатационно-технической документации)	Инженер	12																	
----	--	---------	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Примечание:



- Исп. 1 (инженер)



- Исп. 2 (руководитель)

Таблица 4.11 – Сводная таблица по календарным дням

	Количество дней
Общее количество календарных дней для выполнения работы	104
Общее количество календарных дней, в течение которых работал инженер	94
Общее количество календарных дней, в течение которых работал руководитель	10

В результате выполнения подраздела был разработан план-график выполнения этапов работ для руководителя и инженера, позволяющий оценить и спланировать рабочее время исполнителей, а также рассчитано количество дней, в течение которых работал каждый из исполнителей.

В результате выполнения подраздела был разработан план-график выполнения этапов работ для руководителя и инженера, позволяющий оценить и спланировать рабочее время исполнителей, а также рассчитано количество дней, в течение которых работал каждый из исполнителей.

4.2.3 Бюджет научно – технического исследования

При планировании бюджета научно-технического исследования учитывались все виды расходов, связанных с его выполнением. В этой работе использовать следующую группировку затрат по следующим статьям:

- материальные затраты научно-исследовательской работы (НИР);
- затраты на специальное оборудование для экспериментальных работ;
- основная заработная плата исполнителей темы;
- дополнительная заработная плата исполнителей темы;
- отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);
- накладные расходы НИР.

4.2.3.1 Расчёт материальных затрат научно – технического исследования

Материальные затраты — это затраты организации на приобретение сырья и материалов для создания готовой продукции.

Данная часть включает затраты всех материалов, используемых при конструировании лазерной лабораторной установки. Результаты расчета затрат представлены в таблице 4.12.

Таблица 4.12 – Материальные затраты

Наименование материалов	Цена за ед., руб.	Кол-во, ед.	Сумма, руб.
Высоковольтный диод	41	1	41
Конденсатор 900 мкф 1000В	800	1	800
Текстолит	500	1	500
Оргстекло	200	1	200
Ось металлическая	450	2	900
Винт М4х30	8	21	168
Винт М4х40	9	3	27
ВинтМ4х30	7	11	77
Винт М4х16	2	10	20
Итого:			2733

4.2.3.2 Специальное оборудование для экспериментальных работ

В данном разделе учтены все расходы, связанные с приобретением специализированного оборудования (включая приборы, измерительные устройства, стенды, устройства и механизмы), необходимого для проведения исследований и учебных задач, связанных с данной темой (см. таблицу 4.13). Определение стоимости специализированного оборудования основано на действующих прайс-листах, а в определенных случаях также учитывается согласованная цена по контракту.

Таблица 4.13 - Специальное оборудование для экспериментальных работ

Наименование оборудования	Количество единиц, шт.	Цена за единицу, тыс. руб.	Сумма, тыс. руб.
Швелер	1	3600	3600
Квантрон	1	20000	20000
Блок питания квантрона	1	20000	20000
Алюминиевая плита	1	2800	2800
Пилотный лазер	1	3000	3000
Зеркало резонатора	2	5000	10000
Зеркало	3	100	300
Итого		59700	

4.2.3.3 Расчёт амортизации специального оборудования

Расчёт амортизации производится на находящееся в использовании оборудование. В итоговую стоимость проекта входят отчисления на амортизацию за время использования оборудования в статье накладных расходов (табл. 4.14).

Таблица 4.14 - Затраты на оборудование

№ п/п	Наименование оборудования	Кол-во ед.	Срок полезного использования,	Время использования, мес.	$N_A, \%$	Цена оборудования, руб.	Амортизация	
1	2	3	4	5	6	7	8	
1	Швелер	1	5	0,1	20	3600	600	
2	Квантрон	1	5	0,1	20	20000	3333	
3	Блок питания квантрона	1	5	0,1	20	20000	3333	
4	Алюминиевая плита	1	5	0,1	20	2800	466	
5	Пилотный лазер	1	5	0,1	20	3000	500	
6	Зеркало резонатора	2	5	0,1	20	10000	1666	
7	Зеркало	3	5	0,1	20	300	50	
Итого:							15348	

4.2.3.4 Основная заработная плата исполнителей

В данном разделе рассчитывается заработная плата инженера и руководителя, помимо этого, необходимо рассчитать расходы по заработной плате, определяемые трудоемкостью проекта и действующей системой оклада.

Основная заработная плата $Z_{осн}$ одного работника рассчитывается по следующей формуле:

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_p, \quad (4.6)$$

где $Z_{дн}$ – среднедневная заработная плата, руб.; T_p – продолжительность работ, выполняемых работником, раб.дн. (таблица 4.15).

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

Для шестидневной рабочей недели (рабочая неделя руководителя):

$$Z_{\text{он}} = \frac{Z_m \cdot M}{F_{\text{д}}} = \frac{51285 \cdot 10,3}{246} = 2147,3 \text{ руб.}, \quad (4.7)$$

где Z_m – месячный должностной оклад работника, руб.; $F_{\text{д}}$ – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дней; M – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

– при отпуске в 28 раб. дня – $M = 11,2$ месяца, 5-дневная рабочая неделя;

– при отпуске в 56 раб. дней – $M = 10,3$ месяца, 6-дневная рабочая неделя.

Для пятидневной рабочей недели (рабочая неделя инженера):

$$Z_{\text{он}} = \frac{Z_m \cdot M}{F_{\text{д}}} = \frac{33150 \cdot 11,2}{213} = 1743,1 \text{ руб.} \quad (4.8)$$

Должностной оклад работника за месяц:

– для руководителя:

$$Z_m = Z_{\text{тс}} \cdot (1 + k_{\text{пр}} + k_{\text{д}})k_p = 26300 \cdot (1 + 0,3 + 0,2) \cdot 1,3 = 51285 \text{ руб.}$$

– для инженера:

$$Z_m = Z_{\text{тс}} \cdot (1 + k_{\text{пр}} + k_{\text{д}})k_p = 17000 \cdot (1 + 0,3 + 0,2) \cdot 1,3 = 33150 \text{ руб.},$$

где $Z_{\text{тс}}$ – заработная плата, согласно тарифной ставке, руб.; $k_{\text{пр}}$ – премиальный коэффициент, равен 0,3; $k_{\text{д}}$ – коэффициент доплат и надбавок, равен 0,2; k_p – районный коэффициент, равен 1,3 (для г. Томска).

Таблица 4.15 – Баланс рабочего времени исполнителей

Показатели рабочего времени	Руководитель	Инженер
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней	52/14	104/14
- выходные дни		
- праздничные дни		
Потери рабочего времени	48/5	24/10
- отпуск		
- невыходы по болезни		
Действительный годовой фонд рабочего времени	246	213

Таблица 4.16 - Расчет основной заработной платы исполнителей

Исполнители НИ	$Z_{мс}$, руб	$k_{пр}$	$k_{д}$	$k_{р}$	$Z_{м}$, руб	$Z_{дн}$, руб	T_p , раб. дн.	$Z_{осн}$, руб
Руководитель	26300	0,3	0,2	1,3	51285	2147,3	8	17178,4
Инженер	17000	0,3	0,2	1,3	33150	1743,1	67	116787,1
Итого:								133965,5

4.2.3.5 Дополнительная заработная плата

Дополнительная заработная плата определяется по формуле:

– для руководителя:

$$Z_{доп} = k_{доп} \cdot Z_{осн} = 0,15 \cdot 17178,4 = 2576,7 \text{ руб.}$$

– для инженера:

$$Z_{доп} = k_{доп} \cdot Z_{осн} = 0,15 \cdot 116787,1 = 17578,1 \text{ руб.}$$

где $k_{доп}$ – коэффициент дополнительной заработной платы (на стадии проектирования принимаем равным 0,15).

4.2.3.6 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

Отчисления во внебюджетные фонды определяется по формуле: для руководителя:

$$Z_{внеб} = k_{внеб}(Z_{осн} + Z_{доп}) = 0,3 \cdot (17178,4 + 2576,7) = 5926,53 \text{ руб.}$$

Для инженера:

$$Z_{внеб} = k_{внеб}(Z_{осн} + Z_{доп}) = 0,3 \cdot (116787,1 + 17578,1) = 40309,56 \text{ руб}$$

где $k_{внеб}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд ОМС и социальное страхование). Общая ставка взносов составляет в 2023 году – 30% (ст. 425, 426 НК РФ).

4.2.3.7 Накладные расходы

Накладные расходы включают в себя следующие расходы: печать ксерокопирование материалов исследования, оплата услуг связи и т.д. Сумма 5

статьи затрат, рассчитанных выше, приведена в таблице ниже и используются для расчета накладных расходов.

$$Z_{\text{накл}} = (\text{сумма статей } 1 \div 5) \cdot k_{\text{кр}} = (15348 + 59700 + 133965,5 + 20154,8 + 46236,09) \cdot 0,2 = 55080,88$$

где $k_{\text{кр}}$ – коэффициент, учитывающий накладные расходы. Величина коэффициента принимается равной 0,2.

Таблица 4.17 - Группировка затрат по статьям

Амортизация	Сырье, материалы	Основная заработная плата	Дополнительная заработная плата	Отчислен ия на социальные нужды	Итого без накладных расходов	Накладные расходы	Итого бюджетная стоимость
15348	17933	133965,5	20154,8	46236,09	275404,39	55080,88	288718,37

4.3 Определение ресурсоэффективности исследования

Интегральный показатель финансовой эффективности научного исследования получают в ходе оценки бюджета затрат трех (или более) вариантов исполнения научного исследования. Для этого наибольший интегральный показатель реализации технической задачи принимается за базу расчета (как знаменатель), с которым соотносятся финансовые значения по всем вариантам исполнения.

В качестве вариантов исполнения были выбраны ближайшие аналоги:

1. – Лазерная установка «Standa»;
2. – Лазерная установка «LFEX»

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}}, \quad (4.9)$$

где $I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i}$ – интегральный финансовый показатель разработки;

Φ_{pi} – стоимость i -го варианта исполнения;

Φ_{max} – максимальная стоимость исполнения.

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.1}} = \frac{288718,37}{500000} = 0,58$$

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.2}} = \frac{500000}{500000} = 1$$

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.3}} = \frac{400000}{500000} = 0,8$$

Полученная величина интегрального финансового показателя разработки отражает соответствующее численное увеличение бюджета затрат разработки в разгах (значение больше единицы), либо соответствующее численное удешевление стоимости разработки в разгах (значение меньше единицы, но больше нуля).

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов выполнения НИР (I_{pi}) определен путем сравнительной оценки их характеристик, распределенных с учетом весового коэффициента каждого параметра (таблица 4.18).

Таблица 4.18 – Сравнительная оценка характеристик вариантов НИР

Критерии	Весовой коэффициент	Бальная оценка разработки	Бальная оценка системы исполнения 1	Бальная оценка системы исполнения 2
1. Безопасность при использовании установки	0,2	5	5	5
2. Стабильность работы	0,2	5	5	5
3. Технические характеристики	0,3	5	5	3
4. Ремонтпригодность	0,15	5	4	3
5. Простота эксплуатации	0,15	4	4	4
Итого:	1	4,85	4,55	3,95

Расчет интегрального показателя для разрабатываемого проекта:

$$I_{p1} = 0,2 \cdot 5 + 0,2 \cdot 5 + 0,3 \cdot 5 + 0,15 \cdot 5 + 0,15 \cdot 4 = 4,85;$$

$$I_{p2} = 0,2 \cdot 5 + 0,2 \cdot 5 + 0,3 \cdot 5 + 0,15 \cdot 4 + 0,15 \cdot 3 = 4,55;$$

$$I_{p3} = 0,2 \cdot 5 + 0,2 \cdot 5 + 0,3 \cdot 3 + 0,15 \cdot 3 + 0,15 \cdot 4 = 3,95.$$

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки вычисляется на основании показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{исп.i} = \frac{I_{р-исп.i}}{I_{финр.i}} \quad (4.10)$$

$$I_{исп1} = 5,5$$

$$\mathcal{E}_{ср} = \frac{I_{исп1}}{I_{исп2}} = \frac{4,55}{5,5} = 0,83$$

Таблица 4.19 - Сводная таблица показателей оценки ресурсоэффективности

№ п/п	Показатели	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,58	1	0,8
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,85	4,55	3,95
3	Интегральный показатель эффективности	5,5	4,55	4,25
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1	0,83	0,71